

EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maaehitusinstituut



Carmen Lääne

**LIIMIKATTE MÕJU HARILIKU MÄNNIKÄRSAKA
(*HYLOBIUS ABIETIS*) TOITUMISKÄITUMISELE**

**THE EFFECT OF GLUE LAYER ON THE LARGE PINE
WEEVIL (*HYLOBIUS ABIETIS*) FEEDING BEHAVIOUR**

Bakalaureusetöö

Metsanduse õppekava

Juhendaja: dotsent Ivar Sibul, *PhD*

Tartu 2018

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Carmen Lääne		Õppekava: Metsandus	
Pealkiri: Liimikatte mõju hariliku männikärsaka (<i>Hylobius abietis</i>) toitumiskäitumisele			
Lehekülgi: 39	Jooniseid: 6	Tabeleid: 2	Lisasid: 0
Osakond:	Metsakasvatuse osakond		
Uurimisvaldkond:	Metsakaitse, putukate käitumine		
Juhendaja(d):	Ivar Sibul, <i>PhD</i>		
Kaitsmiskoht ja aasta:	Tartu, 2018		
<p>Harilik männikärsakas (<i>Hylobius abietis</i>) on olulisem ja ohtlikum metsauuenduste putukkahjur Euroopas, kelle valmikud tekitavad tõsist metsamajanduslikku kahju noorte okaspuutaimede tüvel koort laiguti närides. Sünteetilistest insektitsiididest tulenev keskkonna saastatuse oht on kaasajal tinginud männikärsakate tõrjel kasutama üha rohkem looduslikke ja samas uudseid tõrjemehhanisme, sealhulgas taime tüve katmist erinevate tehismaterjalist kaitsebarjääridega.</p> <p>Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli uurida, kuidas mõjutavad mõnede mehhaaniliste kaitsekihtide (liim, liim ja kvartslüü) kasutamine männikärsaka toitumiskäitumist labortingimustes. Eesmärgiks oli hinnata preparaate söömist pärssivat mõju männikärsakate mõlemast soost valmikutele.</p>			
<p>Uuringu tulemusena selgus, et tõhusamateks söömis pärssijateks putukatele olid liimi ja liivaga (AFI=1) ning liimiga töödeldud toidutaim (AFI=0,75–1).</p>			
Märksõnad: <i>Hylobius abietis</i> , harilik männikärsakas, mehhaanilised kaitsevahendid, liim, liiv			



Estonian University of Life Sciences		Abstract of Bachelor's Thesis	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Author: Carmen Lääne		Speciality: Forestry	
Title: The effect of glue layer on the large pine weevil (<i>Hylobius abietis</i>) feeding behaviour			
Pages: 41	Figures: 6	Tables: 2	Appendixes: 0
Department:	Department of Silviculture		
Field of research:	Forest protection, insect behaviour		
Supervisors:	Ivar Sibul, <i>PhD</i>		
Place and date:	Tartu, 2018		
<p>In Europe , the large pine weevil (<i>Hylobius abietis</i>) is the most important and dangerous insect pest of forest regeneration areas. The adults pine weevils feed on stem bark of young conifer seedlings causes serious economic loss. The risk of environmental contamination due to synthetical insecticides has led to the use of more and more natural and identical protection mechanisms, including covering the plant stem with various feeding barriers, in order to control pine weevils.</p> <p>The aim of this thesis was to study how some mechanical coatings (glue, glue and sand) affect the large pine weevils feeding behaviour in laboratory conditions. The aim was to estimate coatings deterrent effect on both sexes of the pine weevils.</p> <p>In the result appears that the most effective deterrents were glue and sand (AFI = 1) and glue-treated foodsource (AFI = 0.75 to 1).</p>			
Keywords: <i>Hylobius abietis</i> , large pine weevil, glue, feeding barriers, sand			

Sisukord

SISSEJUHATUS	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	6
1.1 Männikärsaka perekonna (<i>Hylobius spp.</i>) süstemaatiline kuuluvus ja üldiseloomustus	6
1.2 Hariliku männikärsaka morfoloogia	9
1.3 Hariliku männikärsaka ökoloogia ja bioloogia	9
1.4 Hariliku männikärsaka toitumiskäitumine ja sellest tulenev mõju metsale.....	12
1.5 Männikärsakate tõrjemeetodid ja kahjustuste vältimine.....	14
1.5.1 Metsamajanduslikud abinõud.....	14
1.5.2 Keemiline tõrje.....	16
1.5.3 Biotõrje.....	17
1.5.3.1 Entomopatogeensed nematoodid	17
1.5.3.2 Parasitoidid.....	18
1.5.3.3 Röövtoidulised putukad	18
1.5.4 Mehhaanilised tõrjemeetodid	19
1.5.4.1 Tehismaterjalist kaitsevahendid	19
1.5.4.2 Conniflex meetod	20
1.5.4.3 Kaitsevahad ja -määrded	21
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	22
2.1 Laborkatsete materjal.....	22
2.2 Kasutatud töötlusvahendid.....	22
2.3 Toitumiskatsete planeerimine	23
2.4 Katseruumi keskkonnatingimused	25
2.5 Statistiline andmetöötlus	25
3. TULEMUSED JA ARUTELU	26
3.1 Preparaatide mõju hariliku männikärsaka toitumisaktiivsusele.....	26
3.2 Arutelu	29
KOKKUVÕTE	30
KASUTATUD KIRJANDUS	32

SISSEJUHATUS

Harilik männikärsakas (*Hylobius abietis* L.) on Euroopas üks olulisemaid noorte okaspuu kultuuride kahjureid (Långström & Day, 2004). Männikärsaka valmikud toituvad 2–7 aastaste okaspuu taimede tüvel, koort laiguti närides (Maavara et al., 1961; Nordlander, 1991). Enamasti kahjustatud taimed hukuvad, kui nõrga kahjustuse korral võivad haavad tüvel kattuda vaiguga ning armistuda. Euroopas küündib männikärsaka poolt põhjustatud majanduslik kahju ligi 140 milj/€ aastas (Långström & Day, 2004), Eestis ulatub majanduslik kahju riigi- ja erametsas poole miljonini euronit aastas (Sibul, 2014a). Massilise esinemise korral võib kahjustuse tagajärjel kogu istutatud metsakultuur hukkuda, kui kasutusele pole võetud meetmeid kahjustuse vähendamiseks (Maavara et al., 1961; Leather et al., 1999).

Hariliku männikärsaka kahjustuse vähendamiseks on aegade jooksul kasutatud erinevaid tõrjemeetmeid – sobilike metsamajanduslike võtete rakendamine (Heritage & Moore, 2001), kahjurputukate kogumine ning hävitamine (Maavara et al., 1961; Bejer-Petersen et al., 1962), sünteetilised insektitsiidid, männikärsaka arvukuse piiramine kasutades biotõrjet (parasitoitid, sipelgad) (Dillon & Griffin, 2008), taime tüve katmine tehismaterjalist kaitsebarjääridega (Petersson et al., 2004) jne. Kuigi meetmeid on küll rohkesti, on siiski enam kasutatavaks tõrjeviisiks taimede istutuseelne töötlemine insektitsiididega, kuid kuna neil on negatiivne mõju nii keskkonnale ja inimese tervisele, on üha rohkem hakatud Euroopa Liidu riikides erinevate insektitsiidide kasutamist keelustama. Seega on oluline leida vähem toksilisi putukamürke või hoopis uusi alternatiivseid kaitsemeetmeid, mida kasutada männikärsaka poolt põhjustatud kahju vähendamiseks (Långström & Day, 2004).

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli hinnata nii liimi kui ka liimi ja kvartslüüvaga toidutaimede tüvekese katmisel tekkinud mehhaanilise kaitsekihi efektiivsust männikärsaka üldisele toitumiskäitumisele labortingimustes.

Avaldan tänu juhendaja Ivar Sibulale, kes andis väga olulise panuse minu lõputöö valmimisele.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Männikärsaka perekonna (*Hylobius spp.*) süstemaatiline kuuluvus ja üldiseloostus

Männikärsakad (*Hylobius spp.*) on mardikaliste (Coleoptera) seltsi kuuluvad kärsaklaste (Curculionidae) sugukonna esindajad (Maavara et al., 1961; Daniel, 1935). Peale hariliku männikärsaka on Euroopas kirjeldatud veel kolme *Hylobius* perekonna esindajat: *H. pinastri*, *H. piceus* ja *H. transversovittatus*. Harilik männikärsakas on levinud üle kogu Euraasia. Tema levik ulatub Briti saartelt läänes kuni Ida-Siberi ja Jaapani saarteni idas (Christiansen, 2008; Ciesla, 2011) ning Vahemeremaadest lõunas kuni Skandinaaviamaadeni põhjas (Bejer-Petersen et al., 1962; von Sydow, 1997; Bentz & Jönsson, 2015). Väljaspool Euroopat tuntakse veel mitmeid teisi majandusliku tähtsusega *Hylobius* perekonna esindajaid: *H. aliradicis*, *H. pales*, *H. pinicola*, *H. congener*, *H. radialis*, *H. warreni*, *H. assimilis*, *H. xiaoi* (Warner, 1966; Day et al., 2004).

Kõige arvukama esinemisega männikärsaka perekonna esindaja Eesti metsades on harilik männikärsakas (*H. abietis*) (joonis 1), kes eelistab elupaigana värskeid okaspuuraiesmikke ja kuivemate liivmuldade kasvukohti, mis pakuvad soodsaid tingimusi sigimiseks (Maavara et al., 1961; Voolma, 1984; Sibul, 2006). Kõige arvukamalt võib seda putukat kohata näiteks pohla, mustika, pohla-mustika ja jänese kapsa-mustika kasvukohatüüpides (Sibul, 2006; 2014a, 2014b). Väike männikärsakas (*H. pinastri*) (joonis 1), eelistab elupaigana kuuse enamusega niiskemaid alasid (Maavara et al., 1961; Voolma, 2003; Day et al., 2004). Oma eluviisilt ja välimuselt on ta sarnane harilikule männikärsakale, kuid välimuselt eristab teda harilikust männikärsakast veidi lühem ja tumedam keha ning punakaspruunid jalad (Maavara et al., 1961; Merivee & Remm, 1973). Harvemini esineb meie metsades suur männikärsakat (*H. piceus*) (joonis 1), keda leidub põhiliselt niiskematest metsadest, kus ta sigib elavate okaspuude juurekaelal. Suur männikärsaka valmikuid on harva täheldatud istikutel toitumas (Voolma 2003; Day et al., 2004) ning oma tegevusega metsamajanduslikku kahju ei tekita (Õunap & Hanso, 2006). Neljas Eestis kirjeldatud liik, on *H. transversovittatus*, kelle elupaigaks on niiskemad alad, kus ta toitub seal kasvavast

harilikust kukesabast (*Lythrum salicaria*). Hariliku kukesaba juurtes arenevad ka tema vastsed (Day et al, 2004; Bukejs & Balalaikins, 2011).



Joonis 1. Vasakult väike männikärsakas (*Hylobius pinastri*) (foto autor: K.V. Makarov), harilik männikärsakas (*H. abietis*) (foto autor: U. Schmidt) ja suur männikärsakas (*H. piceus*) (foto autor: S. Kakunin)

Fotode allikad: <https://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/eng/hylpinkm.htm>
https://www.kaefer-der-welt.de/hylobius_abietis.htm
<https://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/hylopiccc.htm>

Põhja-Ameerikas on kirjeldatud seitset *Hylobius* perekonna esindajat: *H. radialis*, *H. warreni*, *H. pales*, *H. cogeni*, *H. aliradialis*, *H. pinicola*, *H. assimilis* (= *H. rhizophagus*). *H. pales* on levinud ainult Põhja-Ameerika idaosas ning *H. rhizophagus* mandri keskosas, teised *Hylobius* liigid on sarnase levikuga, esinedes Põhja-Ameerika idaosast läände. *H. radialis* ja *H. warreni* rajavad oma haudme peremeestaimede (erinevad *Pinus* spp. liigid, *H. warreni* peremeestaimedeks on lisaks *Abies balsamea*, *Larix laricina*, *Picea mariana* jne) juurekaelale või tüve alumisse ossa (Warner, 1966; Day et al., 2004). *H. pales* ja *H. cogeni* (joonis 2) munevad aga oma munad surevate või äsja surnud peremeespuude (erinevad *Pinus* spp. liigid, nagu *P. strobus*, *P. sylvestris*, *P. resinosa*) juurtele ning nende valmikud toituvad noortel okaspuu-taimedel, põhjustades sarnast metsamajanduslikku kahju nagu harilik männikärsakas Euraasias (Långström & Day, 2004; Day et al., 2004). *H. cogeni* on

põhjustanud näiteks Nova Scotias okaspuu istutuskultuurides taimede kõrget suremust (Warner, 1966). *H. pales* poolt eelistatud peremeestaimeks on valge mänd (*Pinus strobus*) ning ta tekitab tõsist kahju Põhja-Ameerika idaosas just jõulupuu-istandustes (Warner, 1966; Salom, 1977).



Joonis 2. *Hylobius congener* (foto autor: K. Kittelberger) ja *H. pales* (foto autor: T. Murray)

Fotode allikad: <https://bugguide.net/node/view/1287247/bgimage>
<https://bugguide.net/node/view/1515788/bgimage>

Tuntuim männikärsaka perekonda kuuluv kahjutekitaja Aasias, peamiselt Kagu-Hiinas, on *H. xiaoi*, kus ta peamisteks toidutaimedeks on Põhja-Ameerikast sisse toodud eksoot männid – elliotti mänd (*Pinus elliotti*) ja tõrvikumänd (*P. taeda*). Lisaks kahjustab *H. xiaoi* ka kohalikku massoni mändi (*P. massoniana*) (Wen et al., 2004). *H. xiaoi* valmikud toituvad tüve alumise osa või puu juurekaela läheduses koorel, põhjustades taimede tõsist kahjustust ning suremust. Mardika kahjustuse vältimise abinõud on sarnased harilikule männikärsakale, tõrjeks kasutatakse istutavate taimede töötlemist erinevate insektitsiididega (Wen et al., 2006).

1.2 Hariliku männikärsaka morfoloogia

Harilik männikärsakas on 10–14 mm pikkune (Daniel, 1935; Maavara et al., 1961; Merivee & Remm, 1973; Sibul, 2006; Christiansen, 2008) tugeva kehaehitusega tumepruun mardikas. Kattetiibade liistakute struktuur ja punktiread on kogu tiibade ulatuses ühtlase asetusega. Kattetiibadel esinevad valkjas- või helekollased soomused moodustavad iseloomulikke tähne ning vööte (Maavara et al., 1961; Merivee & Remm, 1973; Õunap & Hanso, 2016). Vanematel mardikatel on tähnid vähemsäravad ja kulunud (Christiansen, 2008). Mardika pea eesosa on välja venitatud pikaks kärsakuks, mis on varustatud haukamissuistega ning mille tipu külgedele kinnituvad põlvjad tundlad. Putuka jalad on tumedad, jämenenud reitega ja säärtel asub tugev teravatipuline oga (Maavara et al., 1961; Merivee & Remm, 1973).

Hariliku männikärsaka munad on ovaalsed, pärilvalget tooni ligikaudu 1,5 mm pikkused (Wainhouse et al., 2007). Vastsed on kollakas-valkjad, kõverdunud kehakuju ning pruuni peakapsliga (Daniel, 1935; Luik, 1983; Christiansen, 2008), kuni 18 mm pikkused jalutud tõugud (Daniel, 1935). Nukustadiumis on männikärsaka nukul juba võimalik eristada valmikule sarnaseid tunnuseid nagu kärsak, tiivad, jalad (Wainhouse et al., 2007).

1.3 Hariliku männikärsaka ökoloogia ja bioloogia

Männikärsaka areng sõltub suurel määral temperatuurist ning põlvkonna areng võib varieeruda kahest kuni mitme aastani (Bejer-Petersen et al., 1962; Day et al., 2004). Eestis kestab hariliku männikärsaka areng keskmiselt 14–15 kuud (Maavara et al., 1961; Voolma, 1984; Sibul, 2006). Haudme areng on männikändude juurtel kiirem kui kuusekändudel. Selle oletav põhjus tuleneb kuuse- ja männikoore toiteväärtuse ning keemilise koostise erinevusest (Bejer-Petersen et al., 1962; Thorpe & Day, 2002). Tõukude kiireim areng toimub kokkuriisunud raiejäätmete vallides, kus hariliku männikärsaka areng võib kesta ainult ühe aasta (Voolma, 1984). Põhjapoolsematel aladel ning niiskemates ja jahedamates elupaikades võib männikärsaka arengutsüklil kesta 3 või enama aastani (Christiansen, 2008).

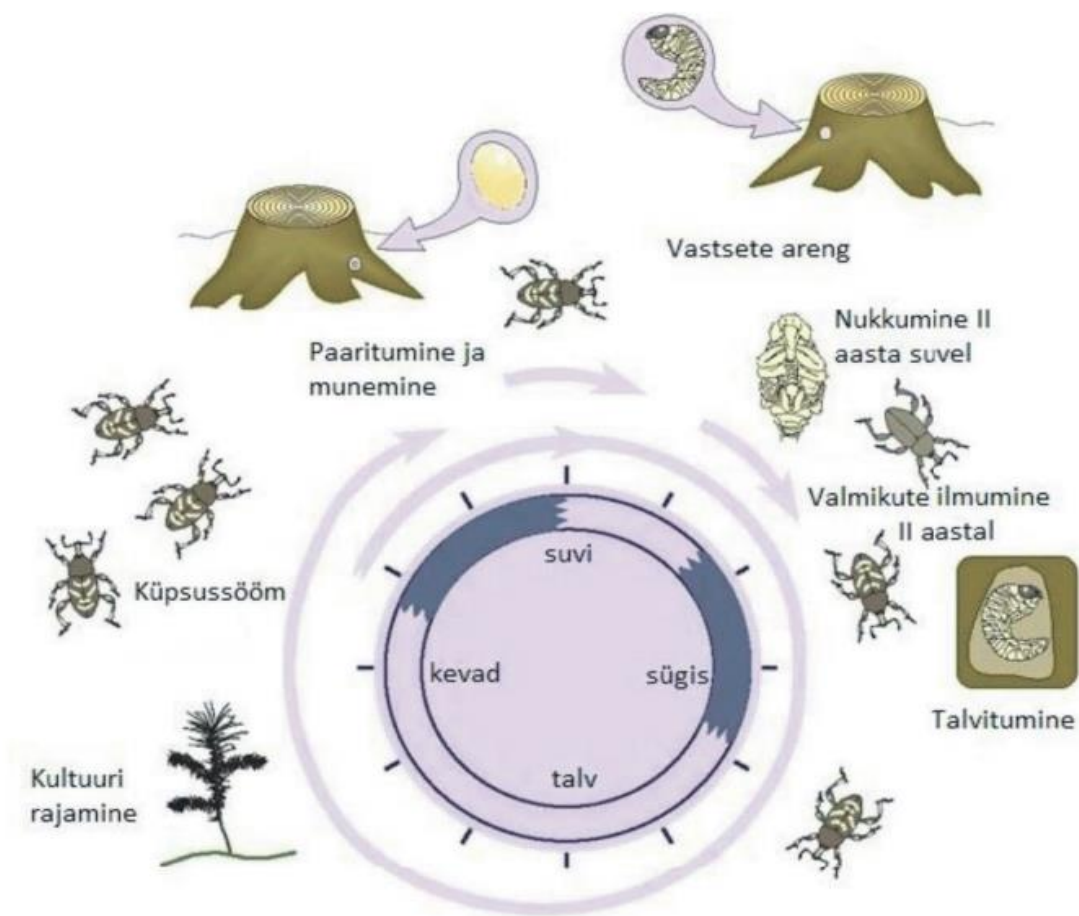
Hariliku männikärsaka väljumine talvitumiskohast algab hiliskevadel, kui pole olnud enam öökülmasid ja mil keskmine õhutemperatuur ulatub 8–9°C (Maavara et al., 1961; Leather et al., 1999). Hoogsaim mardikate lendlus kestab tavaliselt 1–4 nädalat, kui temperatuur on tõusnud ligikaudu 18–19°C (Långström, 1982; Örländer et al., 1997; Day et al., 2004). Männikärsakad on suutelised lendama paarist kuni mitmekümne kilomeetrini (Nilssen, 1984; Day et al., 2004). Raiesmikele meelitavad männikärsakaid kevadise lendluse ajal värsketest okaspuukändudest ja raiejäätmetest lenduvad monoterpeenid (eelkõige alfa-pineen) ja etanool (Nordlander, 1991; Zagatti et al., 1997; Christiansen, 2008). Raiesmikele jõudes liiguvad männikärsakad sobilikku toiduobjekti otsides kõndides, mille nad leiavad üles haistmismeel kaudu (Långström, 1982; Örländer et al., 1997; Örländer et al., 2000), lühidistantsilt ka nägemise abil (Björklund, 2004; Björklund et al., 2005).

Nii lendluse ajal kui ka enne munemist toimub männikärsakatel raiejäätmetel, raiesmikuga piirnevatel okaspuunoorendike õhukesekoorelistel okstel (Maavara et al., 1961; Örländer et al., 2000; Heritage & Moore, 2001; Sibul, 2006; Dillon & Griffin, 2008), seemne- ja säilikpuude võrades (Heritage & Moore, 2001; Örländer et al., 2001; Nordlander et al., 2003a), eriti aga 2–7 aastaste okaspuutaimede tüvekestel ja okstel küpsussööm (Maavara et al., 1961; Sibul, 2017). Kõrge asustustiheduse korral võib ühte taime korraga kahjustada kuni mitukümmend mardikat. Taimede koosseis näritakse puiduni ulatuvaid ovaalseid auke, intensiivseim on söömiskahjustus tüve maapinnalähedases osas (Karu, 1939; Maavara et al., 1961; Nordlander et al., 2003a).

Kopuleerumisvõimelised on vanemad emasmardikad koheselt, samas kui noored emasmardikad saavutavad esimesel sigimisperioodil suguküpsuse 2–3 nädalaga (Bejer-Petersen et al., 1962; Leather et al., 1999; Sibul, 2017).

Kevadise küpsussööma ja kopuleerimise järel algab männikärsakatel haude rajamine, mis kestab kuni augustini. Haude rajab männikärsakas eelkõige värsketele raiutud okaspuu kändude maapinna pindmistele juurtele (Maavara et al., 1961). Soodsaid sigimiskohti männikärsakale pakuvad ka raiesmikele jäetud mulla ja metsakõduga segatud värsked raiejäätmed (oksad, ladvad, tüveosad) (Voolma, 1984). Emasmardikad rajab haude värskete okaspuukändude maapinnas olevatele juurtele, mõnikord ka mulla ja metsakõduga kaetud koorimata raiejäätmetele, närides koosseis niineni ulatuvaid kohukesti, kuhu paigutab 1–5 muna, lükates need kärsakuga lohu põhja (Maavara et al., 1961; Nordlander et al., 1997;

Christiansen, 2008). Peale munemist algab mardikatel hoogsaim söömisperiood ehk taastumissööma, et taastada energia, mis kulutati munemiseks (Karu, 1939). Paari nädala pärast kooruvad munadest kõverdunud kehakujuga, valkjad, jalutud tõugud (Maavara et al., 1961). Männikärsaka tõugud toituvad koore all, kaevandades pikki siuglevaid käike, mille läbimõõt sõltub tõugu suurusest (Maavara et al., 1961; Day et al., 2004). Tõugukäikude pikkus vastse arengu lõpuks võib ulatuda 1,5 m (Voolma, 1984). Viimaks närivad tõugud sügavale juurepuitu ovaalse kujuga nukuhälli, mille vooderdavad ning sulgevad näripuruga (Maavara et al., 1961; Day et al., 2004). Nukuhällis talvituv tõuk nukkub selles alles järgmise aasta suvel (Daniel, 1935). Nukuperiood kestab 2–3 nädalat, mille järel algab suve teisel poolel noormardikate väljumine, arengus mahajäänud mardikate väljumine nukuhällist jätkub järgmise aasta kevadel (Maavara et al., 1961; Örlander & Nilsson, 1999). Maapinnale roninud noormardikad asuvad küpsusussöömale raiesmikel olevate noorte okaspuutaimede koorele. Noormardikate sööm võib kesta kuu kuni kaks (Örlander et al., 1997). Seejärel suunduvad nad vana metsa servaaladele metsakõdusse või samblasse talvituma (Karu, 1939). Kõrvuti võivad seal talvituda mitme põlvkonna männikärsakad, alles noormardika staadiumisse jõudnud ja esimese küpsussööma läbinud noored kui ka vanemate põlvkondade esindajad, kellel juba ühe või kahe suve munemised seljataga (Sibul, 2017). Järgmise aasta kevadel ilmuvad talvitumiskohtadest lageraiesmikule mõlema põlvkonna mardikad, kus nad toituvad kuni kuu aja vältel, mil nende lennulihased taastuvad. Seejärel lendavad nad uusi sobivaid sigimiskohti otsima (Örlander et al., 1997).



Joonis 3. Männikärsaka arengutsükli skeem. Allikas: Weevil Biology.

1.4 Hariliku männikärsaka toitumiskäitumine ja sellest tulenev mõju metsale

Euroopas on harilik männikärsakas üks põhilisemaid metsauuendamist ohustavaid putukkahjureid. Taimede suremus läbi männikärsaka kahjustuse põhjustab märgatavat majanduslikku kahju, mis Euroopas võib küündida ligi 140 miljoni euron aastast (Långström & Day, 2004). Eestis istutatakse igal aastal raiesmikele üle 20 miljoni okaspuutaime, millest veerand kuni kolmandik hukub männikärsakate kahjustuse tõttu, nii võib männikärsakate poolt tekitatav kahju era- ja riigimetsades ulatuda kokku poole kuni kolmveerand miljoni euron aastast (Sibul, 2014a).

Eesti riigi- ja erametsades ongi harilik männikärsakas kõige olulisem männi- ja kuuseistutuskultuuride kahjustaja. Eesti riigimetsas ulatub männikärsaka kahjustus, sõltuvalt aastast, männiistutuskultuurides kõigist kahjustatud aladest ligi 60 protsendini. Kuigi männikärsaka kahjustus kuusekultuurides on väiksem kui männikultuurides, ulatub see siiski Eesti riigimetsas mõnel aastal isegi kuni 40 protsendini. Erametsades on kahjustused samaväärsed või isegi ulatuslikuma, sest männikärsakate kahjustusi vähendavaid metsakasvatustlikke võtteid rakendatakse seal riigimetsaga võrreldes tagasihoidlikumalt (Sibul, 2014b).

Männikärsaka tõugud metsamajanduslikku kahju aga ei tekita, pigem on tõugusööm kannujuurtel kasulik, sest see aitab kaasa kändude kiiremale kõdunemisele (Voolma, 2003; Christiansen, 2008). Majandusliku kahju tekitavad männikärsaka valmikud, kes toituvad noorte okaspuu istikute koorest, seda laiguti närides, põhjustades sellega taime kasvu pidurdumist ning taimede kuivamist. Nõrga kahjustuse korral puukesed küll paranevad, kuna kahjustuskohad kattuvad ajapikku vaiguga ja armistuvad. Tugeva kahjustuse korral, kui tüvi on kogu ümbermõõdu ulatuses paljaks kooritud, taimed aga hukkuvad kiiresti. Massilise esinemise korral võivad männikärsakad hävitada aga kogu istutatud metsakultuuri (Maavara et al., 1961; Leather et al., 1999; Voolma, 2003; Dillon & Griffin, 2008; Sibul, 2017).

Männikärsaka valmikute arvukuseks värsketel lageraielankidel on Rootsis hinnatud ligikaudu 13 000 (Nordlander et al., 2003b). Eestis võib hariliku männikärsaka valmikute arvukus värskel raiesmikul ulatuda 100 000–150 000 isendini hektari kohta (Sibul, 2014b), soojema kliimaga Lääne-Euroopas on kahjuri arvukus raiesmikul kordades kõrgem, näiteks Suurbritannias lausa 400 000 isendit ühel hektaril (Rose et al., 2005).

Eelistatuimad männikärsaka toidutaimed on noored männi (*Pinus* spp.) kuid ka kuuse (*Picea* spp.), lehise (*Larix* spp.), nulu (*Abies* spp.) ja ebatsuuga (*Pseudotsuga* spp.) seemikud ja istikud (Karu, 1939; Långström, 1982; Leather et al., 1994; Manlove et al., 1997; Nordlander et al., 2003a; Löf et al., 2004; Ciesla, 2011; Wallertz et al., 2014). Eestimaistest puuliikidest tarvitatakse männikärsakate poolt toiduks, lisaks männile ja kuusele, meelsasti ka harilikku kadakat (*Juniperus communis*). Kadakate koort närib männikärsakas siiski õhemalt, ulatumata puiduni, mistõttu kadakatele männikärsakad ohtu ei kujuta (Karu, 1939). Kõrge asustustiheduse korral ning sobiva peremeestaime puudumisel võib männikärsakas toituda ka lehtpuude (näiteks hariliku sarapuu – *Corylus avellana*, tammede – *Quercus* spp., pajude – *Salix* spp., leppade – *Alnus* spp., arukase – *Betula pendula*, hariliku saare – *Fraxinus*

excelsior, hariliku pihlaka – *Sorbus aucuparia*) koorest, ning isegi rohhtaimedel (põdrakanep – *Epilobium* spp.) (Karu, 1939; Hibberd, 1991; Manlove et al., 1997; Leather et al., 1999; Löf et al., 2004; Månsson & Schlyter, 2004; Björklund et al., 2005; Toivonen & Viiri, 2006; Sibul, 2006), kui ka puhmarindes kasvavast harilikust mustikast (*Vaccinium myrtillus*) (Örlander et al., 2001). Samuti toituvad mardikad ulatuslikult ka raiesmikuga piirnevate okaspuude kui ka raiesmikul olevate seemnepuude võrades (Daniel, 1935; Örlander et al., 2000; Nordlander et al., 2003b). Sõltuvalt temperatuurist, koore paksusest ja puu liigist võib männikärsakas päevas süüa ligikaudu 0,2 cm² koort (Day et al., 2004). Toitumisaktiivsuse erinevus sugupoolte vahel on märgatav, erinevad uurimused on näidanud, et emased mardikad kulutavad söömisele oluliselt rohkem aega kui isased (Merivee et al., 1998; Bylund et al., 2004; Toivonen & Viiri, 2006; Fedderwitz et al., 2015).

1.5 Männikärsakate tõrjemeetodid ja kahjustuste vältimine

1.5.1 Metsamajanduslikud abinõud

Mitmed metsanduslikud abinõud, nagu rakendatav metsakultiveerimismeetod (istutus või külv), -materjal (okas- või lehtpuu) ja -aeg, samuti maapinna ettevalmistus ja selle viis jne, suurendavad või vähendavad männikärsaka kahjustuse riski.

Lageraiesmiku vanus, kuhu uus metsapõlv uuendusraie järgselt rajatakse, on üheks olulisemaks tingimuseks, mida tuleks silmas pidada männikärsakate kahjustuse vähendamisel okaspuu istutuskultuure planeerides. Mitmed uurimused on näidanud, et raiesmiku vanuse suurenemisega kahjustus kahaneb (Örlander & Nilsson, 1999; Nordlander et al., 2011; Nordlander et al., 2017), sest raiesmike vananedes väheneb ka seal elavate männikärsakate arvukus (Sibul, 2000). Seega on üheks lihtsamaiks ja kindlamaks viisiks männikärsaka kahjustuse vältimiseks istutamistöödega viivitamine. Kultiveerimistööde edasilükkamine, 2–3 aasta võrra vähendab männikärsakate kahjustuste ohtu raiesmikel oluliselt (Voolma, 1984), sest männikärsaka põlvkonna pikkuseks on Eestis kaks aastat, ning see on periood, mil enamus noormardikaid on raiesmikult lahkunud (Beijer-Petersen et al. 1962; Långström, 1982). Praktikas pole istutamisega viivitamine aga majanduslikult

otstarbekas, sest see suurendab uue metsapõlve pikkust ning edasilükatud kultiveerimistööd raskendavad nii maapinna ettevalmistustöid ning muudavad nii uue kultuuri rajamise kui ka hilisemad kultuuri hooldamised kulukamaks (Daniel, 1935; Doom & Frenken, 1980; Eidmann & von Sydow, 1989; Voolma & Õunap, 2000; Voolma, 2003).

Männikärsaka kahjustuse vähendamise võimaluseks on jätta raiesmik looduslikule uuenemisele või eelistada külvi istutamisele, kuna üheaastased külvikultuurid on liiga väikesed ja tavaliselt männikärsakatele huvi ei paku (Christiansen, 2008; Långström & Day, 2004).

Ka maapinna mineraliseerimine aitab mõningal määral vähendada männikärsaka kahjustust istutuskultuurides (Örlander et al., 1990; von Sydow, 1997; Thorsen et al., 2001; Petersson et al., 2005; Nordlander et al., 2005; Wallertz & Petersson, 2011; Laas et al., 2011; Luoranen & Viiri, 2012; Nordlander et al., 2017; Luoranen et al., 2017). Maapinna mineraliseerimise teel tekkinud kaitseefekti on kirjeldatud asjaoluga, et männikärsakad veedavad mineraliseeritud pinnasel vähem aega, liikudes sellel sirgjoonelisemalt ning kiiremini (Kindvall et al., 2000), lisaks ei paku puhtad mineraalpinnased piisavaid varjepaiku, kaitsmaks männikärsakaid röövputukate ning kuumuse eest, mis suurendab asjaolu et mardikad lahkuvad mineraalmullaga ümbritsetud taime juurest sellel toitumata (Björklund et al., 2003). Üheks kahjustust vähendavaks põhjuseks võib olla veel ka see, et tugeva vihma korral pritsib mineraliseeritud liivaribalt taime tüvekesele liiv, mis hiljem kuivades tekitab taimele mehhaanilise kaitse männikärsaka eest (Sibul, 2015).

Männikärsakate kahjustuse vähendamisel või ärahoidmisel on tähtsal kohal ka raiete õige ruumiline planeerimine. Võttes arvesse männikärsaka lennuvõimet ja selle kaugust, samuti arengutsükli pikkust, ei tohiks värske okaspuuraiesmiku lähedusse uut lanki raiuda enne kolme aastat, kuna see looks männikärsakatele kohe sobivaid sigimispaiku (Heritage & Moore, 2001; Sibul, 2006).

Ka väikesepinnalistel turberaiealadel tekitavad männikärsakad vähem kahjustusi, kui lageraielankidel. Põhjus pole veel kindlalt teada, aga arvatakse, et turberaiealadel on mardikatel rohkem eriliigilist toitu (elavate puude oksad, juured jne) ning seepärast kahjustatakse raiesmikule istutatud puutaimi vähem. Samuti on, võrreldes suurepinnaliste lageraielankidega, turberaiealadel mikrokliimaatilised tingimused, mis võivad samuti vähendada kärsakate toitumiskäitumist. Samuti on väikesepinnalistel raiesmikel

männikärsakate arvukus madalam lähedal asuvatelt raiesmikelt migreeruvate mardikate tõttu, sest vähestest raiejäätmetest lendub oluliselt vähem männikärsaka põhilisi toiduatraktantne (Nordlander et al., 2003).

Männikärsaka kahjustuse vältimiseks on juba ammu ajast kasutusel olnud kahjurputukate kogumine ning hävitamine. Varasemalt kaevati selleks raiesmikule rajatud kultuuri ümber vertikaalsete seintega püüniskraave, kuhu mardikad sisse kukuksid (Maavara et al., 1961; Bejer-Petersen et al., 1962). Liivapinnase korral on sobiv kasutada ka püünisauke. Atraktandina kasutatakse tavaliselt vaigutärpentiini (või alfa-pineeni) ja etanooli segu (Voolma et al., 2003). Kahjurputukate kogumiseks võib kasutada ka püüniskoori, eriti sobilikud on värsked kuusekoored. Püüniskoored asetatakse raiestikule ridadena niinea allpool, koore alla kogunenud männikärsakad korjatakse iga paari päeva tagant ja kuivanud koor asendatakse värsketega (Maavara et al., 1961; Õunap & Hanso, 2006; Sibul, 2006).

1.5.2 Keemiline tõrje

Tänapäevani on üheks levinumaks ja lihtsamaks abinõuks männikärsaka kahjustuse piiramiseks taimede istutuseelne töötlemine insektitsiididega, mis üldiselt suudab hoida kahjustust rahuldaval tasemel. Insektitsiididega saab istutusmaterjali töödelda kahel viisil, kas neid istutuseelselt väikeste kimpudena kaitsevahendisse sisse kastes või taimi pritsides (Õunap & Hanso, 2006; Sibul, 2006; Dillon & Griffin, 2008). Praktikas on paremaid tulemusi andnud just taimede istutuseelne kaitsevahenditesse sisse kastmine, kui nende pritsimine (Glowacka et al., 1991; Viiri et al., 2007). Tavaliselt on insektitsiididega eeltöötlemine tõhus ainult ühe vegetatsiooni perioodi jooksul (Viiri et al., 2007), ning seetõttu on vajalik teostada taimede kordustöötlemine raiesmikel järgmisel aastal (Långström & Day, 2004), mis on aga aja- ja ressursimahukas.

Kõige enam leiavad tänapäeval kasutust sünteetilised püretroidpreparaadid: Decis (toimeaine deltametriin), Alfastop, Fastac (toimeaine alfa-tsüpermetriin) kui ka neonikotinpreparaat Actara (toimeaine tiametoksaam), mis kõik mõjuvad kahjurputukatele kontakt- ning seedemürgina (Õunap & Hanso, 2006; Sibul, 2006; Põllumajandusamet,

2016). Kuna pestisiidid on looduses võrdlemisi püsivad, tekib putukatel nende toimeainete suhtes aja möödudes mürgiresistentsus. Samuti sisaldavad insektisiidid suuremal või vähemal määral toksilisi ühendeid, mis on kahjulikud nii ümbritsevale keskkonnale kui ka inimese tervisele, samuti mõjuvad insektisiidid kahjulikult putukate looduslikele vaenlastele (Khater, 2012). Neonikotinoidide laialdast kasutamist seostakse ka üheks mesilasperede kadumise sündroomiga (CCD) (Blacquiére et al., 2012; Hopwood et al., 2012). Järjest suurenev keemiliste putukamürkide keelustamine Euroopas ja nende negatiivne mõju keskkonnale, sunnivad otsima vähemürgiseid insektisiide või hoopis uusi alternatiivseid tõrjemeetodeid (Långström & Day, 2004).

Üheks võimaluseks on taimedest toodetud biopestisiide kasutamine (NeemAzal jt), mis maskeerivad putuka eest toidutaimet lõhna või peletavad nad toidutaimest üldse eemale (Sibul, 2005). Biopestisiidide eelis sünteetiliste pestisiidide ees on nende suhteliselt väike mõju keskkonnale kui ka inimese tervisele. Taimsete putukatõrjevahendite puuduseks on nende liiga lühiajaline toimeaeg, kuna nad lagunevad looduses kiiresti, mistõttu tuleks taimi mõne aja möödudes uuesti töödelda (Sibul et al., 2000; Öunap & Hanso, 2006; Sibul et al., 2009).

1.5.3 Biotõrje

1.5.3.1 Entomopatogeensed nematoodid

Entomopatogeensete nematoodide (*Steinernema carpocapsae*, *Heterorhabditis downesi*) kasutamine männikärsaka populatsiooni ohjeldamisel on üheks paljulubavaks alternatiiviks taimekaitses (Kapranas et al., 2017a, 2017b). Entomopatogeensed nematoodid tungivad peremeesorganismi läbi tema loomulike avade. Peale peremeesorganismi tungimist vabastab nematood oma soolestikust endaga sümbioosis olevad bakterid, mille tagajärjel putukas sureb paari päevaga. Seejärel nematood paljuneb surnud organismis ning kui kõik toitained on seal ammendatud, väljuvad nematoodi järglased, kes kohapeal laiali hajudes asuvad otsima uusi sobilikke peremeesorganisme (Dillon & Griffin, 2008). Entomopatogeensed nematoodid rakendatakse kannule või kannu ümber pinnasele vesisuspensioonina. Susepensiooni rakendamise meetodid sõltuvad entomopatogeense nematoodi liigist. S.

carpocapsae puhul on saadud paremaid tulemusi, kui suspensiooni on rakendatud maapinnale, kuid *H. downesi* puhul on oodatuid tulemusi andnud just suspensiooni rakendamine otse kännule (Kapranas, 2017b). Männikärsaka kontrolliks on soovituslik kasutada 3,5 miljonit nematoodi ühe kännu kohta (Dillon & Griffin, 2008).

1.5.3.2 Parasitoidid

Parasitoid *Bracon hylobii* on hariliku männikärsaka kõige levinum parasitoid, rünnates tema arengujärgus olevaid vastseid. Emane *B. hylobii* kasutab peremeesorganismi leidmiseks vibratsioone, mida põhjustab männikärsaka vastne aktiivselt kännujuure koore all toitudes (Henry & Day, 2000). Olles määranud vastse asukoha, puurib ta läbi koore ning süstib vastsesse toksiine, mis põhjustab vastse halvatus. Seejärel muneb ta oma munad, kas männikärsaka vastse peale või selle lähedusse. Munadest koorunud parasitoidi vastsed hakkavad seejärel peremeesorganismist seismistest kudetest toituma, kuni pole midagi enam järel, peale väliskesta. Olles toitumise lõpetanud, jäädakse peremehe sisse nukkuma ning 7–10 päeva möödudes väljuvad juba *B. hylobii* valmikud, kes asuvad otsima uusi peremeesorganisme (Dillon & Griffin, 2008).

1.5.3.3 Röövtoidulised putukad

Vähendamaks männikärsaka poolt põhjustatud kahju on uuritud ka, et kuidas seda mõjutab sipelgalaste (Formicidae) sugukonna esindajate arukuklaste (ka metsakuklane, *Formica rufa*) ja mullamurelaste (*Lasius niger*) kohaolu (Manak et al., 2013; Manak et al., 2015; Manak et al., 2016; Manak et al., 2017). Tulemused on näidanud, et sipelgate olemasolu lageraiealadel võib vähendada oluliselt männikärsaka toitumiskahjustust värskest istutatud okaspuu taimedel, mis on seotud sipelgate käitumisega kaitsta agressiivselt oma toiduallikaid (lehetäid) taimedel, mis suurendab tõenäosust, et männikärsakad lahkuvad kuklaste poolt koloniseeritud aladelt ning seetõttu vähenevad männikärsaka kahjustused okaspuutaimedel (Manak et al., 2013; Manak et al., 2016). Sipelgate poolt pakutavat

kaitsefekti saaks täiendada kui istutada raiesmikule eriliigilisi taimi, kuna on täheldatud taimede liigiline mitmekesisus mingil alal tõstab sipelgate arvukust (Manak et al., 2017).

1.5.4 Mehhaanilised tõrjemeetodid

Mehhaanilisi kaitsevahendeid on peamiselt kahte tüüpi: 1) kaitsekihid, mida rakendatakse pritsimise, värvimise või tüve sissekastmisel, luues kaitstava kattekihi tüvekoorele; 2) tehismaterjalist kaitsevahendid, mis asetatakse ümber taime ilma, et see puutuks kokku tüvekoorega (Petersson et al., 2004).

1.5.4.1 Tehismaterjalist kaitsevahendid

Tehismaterjalist kaitsevahend võib olla nii plastikust, paberist või muust materjalist, mille tekitatud kaitsebarjäär aitab takistada männikärsakate jõudmist toidutaimeni. Tüvekaitsetorbikuid saab omakorda jagada kahte rühma olenevalt kas nad on ülaosast varustatud krae või mõne muu sarnase takistusega. Kraega kaitsetorbikud on andnud katsetes paremaid tulemusi, kui kraeta, peamiseks põhjuseks, miks kraeta kaitsetorbikud tagavad kasinat kaitset, on nende puudulikkus disainis, kuna männikärsakad on head ronijad siis tuginedes ainult materjali libedale pinnale ei pruugi see tagada küllaldast kaitset. Kaitsetorbikud tuleb paigaldada taime ümber ettevaatlikult, nii et krae ei oleks kokkupuutes maapinnaga, samas, tehismaterjali ja substraadi vahele ei tohiks jääda tühimikke, mis muudaksid ligipääsu taimele männikärsaka jaoks lihtsamaks (Petersson et al., 2004).

Torbikutega kaitstud taimede kahjustust suurendab märgatavalt ümbritsev taimestik, pakkudes männikärsakale rohkelt varjekohti võimalike ohtude eest, nagu röövlomad ja ekstreemsed temperatuurid. Varasemale arvamusele, et männikärsakas kasutab ümbritsevat taimestikku, kui silda, millelt üle ronides jõuab ta taimeni, ei ole leidnud siiski kinnitust hilisemate uurimuse käigus (Petersson et al., 2006). Probleeme võib esineda ka imetajate ja lindudega, kes võivad kaitsetorbikuid üles tõmmata või neid kahjustada. Kuigi kaitsetorbikutel on suhteliselt väike või pea olematu risk keskkonna saastumisele ja ohutus

inimese tervisele, on siiski taoliste mehhaaniliste kaitsevahendite rakendamine kallis ja töömahukas, eriti kui iga taim tuleb käsitsi ükshaaval torbikuga katta. Samuti tuleks kaitsetorbikute rakendamisel eelistada materjale, mis lagunevad olenemata UV kiirgusest, näiteks tähtsusest valmistatud plastik või mõni muu orgaaniline aine, mis laguneb sobival ajal seente, bakterite või muude organismide toimel (Petersson et al., 2004).

1.5.4.2 Conniflex meetod

Rootsis välja töötatud Conniflex meetod on keskkonnasõbralik okaspuutaimede tüvekeste kaitsmise viis, mis ei sisalda toksilisi aineid. Conniflex-kaitsemeetod põhineb peeneteralisel kvartslüüsi kihil, mis kaitseb mehhaaniliselt taimetüvekest männikärsaka ründe eest. Lüüsi seotakse taimetüvekestele veebaasil liimiga (Conniflex, 2018b). Taimetüvekeste lüüsi katmise käigus läbib töödeldav taim nn kolm tööetappi: liimimine, lüüsimine ning kuivatamine. Kõik etapid toimuvad automatiseeritult ning kontrollitud keskkonnas, et vältida taimede kahjustamist või kuivamist. Enne taimede töötlemist liimiga piserdatakse taimede esmalt vee kiht. Tagamaks liimi ühtlasema jaotuse tüvel on taim asetatud vibreerivale alusele. Seejärel puhutakse kompressori abil tüvele peeneteraline kvartslüüsi. Viimases etapis toimub kuivatamine, mis peab olema teostatud enne, kui liim jõuab tahkuda (Nordlander et al., 2009; Conniflex, 2018a). Sarnaselt taimetüvekestele kantud kaitsekiht on väga elastne ja paindlik, mis laseb taimedel normaalselt kasvada ja areneda (Conniflex, 2018b). Conniflex suudab säilitada oma suure paindlikkuse ka karmides keskkonnatingimustes lageraiesmikel ning isegi kuni kolme kasvuhooaja jooksul pole senised uurimustulemused märkimisväärset kattekihi halvenemist näidanud. Taoliselt töödeldud taimedel aitab männikärsakate kahjustust vältida tüvele kinnitatud lüüsi kiht, millest männikärsakad oma suistega läbi ei suuda hammustada. Conniflex-meetodiga taimede kaitsmine vähendab männikärsaka kahjustusi võrdsel määral isektisiididega töödelduga (Nordlander et al., 2009).

1.5.4.3 Kaitsevahad ja -määrded

Üheks keskkonnasäästlikuks tõrjeviisiks on ka lateksi või vahataoliste määrete kasutamine okaspuuistikute kaitsmisel männikärsakate kahjustuste eest (Zumr & Sary, 1995; Sibul, 2013). KVAAE vaha on Norra ettevõtte Norsk Wax poolt loodud mehaaniline kaitsevahend, mida on kasutatud ja arendatud aastast 1992. Vaha koostis on sarnane taimelehti katva kaitsevahaga, mis täidab taimedel erinevaid funktsioone, kaitseb taimi õhusaaste eest, vähendab veeaurumist jne (Norsk Wax, 2018).

KVAAE kaitsevaha kantakse taime tüvele istutuseelselt taimlas, mis jääb taime tüvekest katma valge vahataolise kihina. See kaitsekiht tekitab taime tüvekesele mehaanilise kaitsebarjääri (Norsk Wax, 2018), mis aitab vältida hariliku männikärsaka toitumist vahatatud taime tüvekesel kuni kahe kasvuperioodi jooksul (Norsk Wax, 2010). Kui taime kattev vahasubstraadi kiht mõjub söömispärssivalt, millest putukatel on raske läbi haugata siis kaitsevaha valge värvus mõjub lisaks männikärsakatele visuaalselt peletavalt (Sibul & Ploomi, 2016). Samuti aitab kaitsevaha vähendada kuumuse mõju taimedele (Norsk Wax, 2018)

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1 Laborkatsete materjal

Laborkatsete jaoks vajaminevad hariliku männikärsaka (*H. abietis*) valmikumud koguti Põlvamaalt Riigimetsa Majandamise Keskuse (RMK) jänese kapsa-pohla metsakasvukohatüübi värskete okaspuuraiesmikule (KJ142_4; N6444916, E675779) kaevatud püünisaukudest 2018.a mai II dekaadil.

Katseteks vajaminev söötmaterjal hariliku männi (*P. sylvestris*) oksad varuti sama raielangiga piirnevatele noortele mändidele. Katseputukatel määrati laboris kehamass ja sugu ning erinevast soost putukate katse-eelseks hoiustamiseks kasutati niiske filterpaberiga vooderdatud 0,5 l õhuavadega plastkarpe, mis paigutati pimedasse ja jahedasse ($+4 \pm 0,5$ °C) ruumi. Katseputukaid hoiti enne katsealgust 24 tundi ilma toiduta toatemperatuuril. Kehamassi määramiseks kasutati analüütilist laborkaalu (Mettler Toledo PB153–S, Kanada), täpsusega 0,1 mg. Mardikad asetati ühekaupa kaalumisanumasse ja seejärel kaalule, kaalukamber suleti ja oodati kuni kaalunumbrid stabiliseerusid. Saadud näit fikseeriti. Putukate keskmine kehamass oli 105 ± 3 mg (emas mardikatel 100 ± 3 mg ning isasmardikatel 111 ± 3 mg).

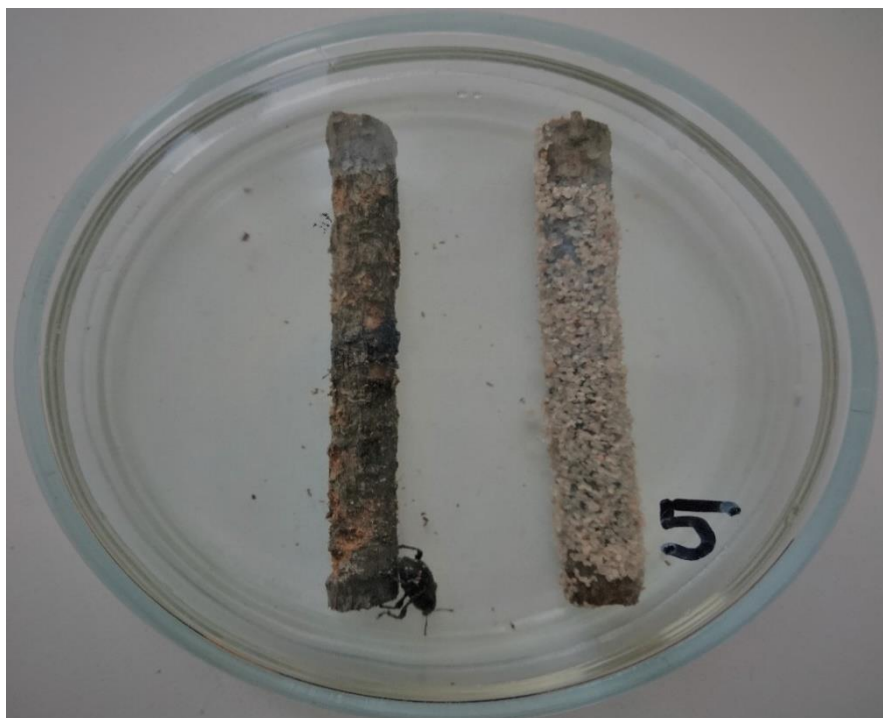
2.2 Kasutatud töötlusvahendid

Katsetes kasutati veebaasil akrülaatliimi, mille kogus ühel oksal oli 1,1–1,3 g. Liimi ja liivaga okste katmisel kasutati sama liimi, mis kaeti peeneteralise kvartsliivaga, fraktsioon $0,5 < * < 1,5$ mm, mille kogus ühel oksal oli 1,16 g. Insektitsiidina kasutati püretroidpreparaati Decis Mega (toimeaine deltametriin, Bayer CropScience AG, Saksamaa). Selleks valmistati insektitsiidist ja destilleeritud veest vastavalt tootja soovitusel 0,015% lahus.

2.3 Toitumiskatsete planeerimine

Toitumiskatsetena viidi läbi nii valik- kui ka mittevalikkatsed (*choice and no-choice tests*). Katsetes kasutati okasteta 7,5 cm pikkuseid hariliku männi oksti. Okste otsad kasteti vedeldatud mesilasvaha sisse, et kinni katta värskelt lõigatud otsapindadelt männikärsakatele atraktiivselt mõjuda võivaid vaigulõhnu. Toitumiskatsete areeniks kasutati 9 cm läbimõõduga Petri tasse, mille põhja paigutati niisutatud filterpaber, paberi keskosa oli kokku murtud (vajalik kontrolli ja uuritava preparaadi kokkupuute vältimiseks), et see eraldaks tassis olevad oksad üksteisest. Valikkatse puhul asetati ühele poole filterpaberit kontroll ehk destilleeritud veega töödeldud ja teisele poole uuritava preparaadiga töödeldud männioks (joonis 1). Mittevalikkatse korral asetati mõlemale poole sama töötlusviisiga männioks (joonis 2). Kontrolloksad kasteti katseeelselt 60 sek destilleeritud vette. Liimiga töötamise puhul kasteti oksad liimi sisse ning jäeti seejärel kuni 30 minutiks tahenema. Liimi ja liivaga töötlemise korral lasti liimil taheneda 15 minutit, millejärel oks pandi liivaga täidetud anumasse, kus seda keerutati, et liiv kataks kogu oksapinda ühtlaselt ja täielikult. Püretroidpreparaadi lahuses hoiti oksti 60 sekundit, misjärel asetati taoliselt töödeldud oks filterpaberile nõrguma.

Liimi kui ka liimi ja liivaga töötlemisel ühes valik- ja mittevalik-katseseerias (variandis) oli 20 putukat ($n=20$) (10 emas- ja 10 isasmardikat). Püretroidpreparaadi DecisMega valikkatses kasutati 7 putukat ($n=7$) (4 emas- ja 3 isasmardikat), mittevalik-katses 9 putukat ($n=9$) (6 emas- ja 3 isasmardikat). Kontrollokste mittevalik-katses rakendati 22 putukat ($n=22$) (12 emas- ja 10 isasmardikat). Kokku kasutati katsetes 118 hariliku männikärsaka eri soost valmiku. Putukad paigutati ühekaupa Petri tassidesse, millejärel katse algus kellaajaliselt fikseeriti. Toitumiskäitumise hindamiseks jäeti putukad Petri tassidesse ning 24h, 48h ja 72h möödudes määrati millimeetripaberiga kõigi katses kasutatud okste koorel söömapinnad (mm^2).



Joonis 4. Laboratoorne valiktoitumiskatse (vasakul kontrolloks ja paremal liimi ja liivaga töödeldud oks) (foto autor: C. Lääne)



Joonis 5. Laboratoorne mittevalik-toitumiskatse, paremal pool liimiga töödeldud ning vasakul liimi ja liivaga töödeldud oksad Petri tassis. (foto autor: C. Lääne)

2.4 Katseruumi keskkonnatingimused

Laborkatsed viidi läbi 14.–17.05.2018 Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituudi metsakasvatuse osakonna metsaentomoloogia laboris. Katseruumi õhutemperatuur katseajal oli 23°C ja suhteline õhuniiskus 35 %. Katse toimus loomuliku valguse tingimustes, mille valguse–pimeduse suhe katseperioodil oli 17V:7P.

2.5 Statistiline andmetöötlus

Tabelarvutustarkvara Microsoft Exceli 2016 abiga summeeriti nii emaste, kui ka isaste putukate keskmised söömapinnad 24, 48 ja 72 tunni vältel. Samuti leiti saadud arvvärtustele standardhälve, standardviga, antifidantsus indeks (AFI). Antifidantsusindeks näitab preparaadi mõju putuka söömale (AFI<0 – toitumisstimulant, AFI=0 – mõju puudub, AFI>0 – sööma pärssiv) ning saadakse järgneva valemi abil: $AFI = (C - T) / (C + T)$, kus C = söömapind kontrolloksal ja T = söömapind töödeldud oksal.

Hariliku männikärsaka söömapindade statistilise erinevuse leidmiseks kasutati Wilcoxon'i testi (ei eelda normaaljaotust) R-programmis.

3. TULEMUSED JA ARUTELU

3.1 Preparaatide mõju hariliku männikärsaka toitumisaktiivsusele

Valiktoitumiskatsetest, kus hariliku männikärsaka valmikumid said valida uuritava preparaadiga töödeldud ja (töötlemata) kontrollloksa vahel, selgus, et kõik katsetes kasutatavad preparaadid mõjutasid mardikate toitumist. Kõige tõhusamateks deterrenditeks osutusid liimi ja liivaga ($AFI = 1$) kui ka ainult liimiga ($AFI = 0,75-1$) okste töötlemine. Putukad toitunud nimetatud okstel tunduvalt vähem, kui kontrollloksel ($p \leq 0,05$) (tabel 1). Liimi ja liivaga okstel polnud 72h möödumisel üldse toitunud töödeldud okstel. Liimiga töödeldud okstel, ei toitunud putukad 24h jooksul üldse, kuid 48h möödumisel oli juba ka töödeldud okstel toitumisjälgi. Võrreldes isasmardikatega sõid liimiga töödeldud okstel oluliselt rohkem emasmardikad. DecisMega 0,015 % lahusega töödeldud oksad omasid samuti sööma pärssivat mõju, kuid võrreldes teiste töötlusviisidega oli selle antifidantsusindeks ($AFI = 0,31-0,83$) tunduvalt madalam.

Tabel 1. Valiktoitumiskatses hariliku männikärsaka emas– (♀♀) ja isasmardikate (♂♂) keskmine söömaulatus ($\text{mm}^2 \pm \text{standardhälve}$) erinevate töötlusviiside puhul, fikseerituna 24, 48 ja 72 h möödumisel pärast katse algust. Arvutatud antifidantsusindeks (AFI) näitab preparaadi mõju katseputuka toitumisele (AFI<0 – sööma stimuleeriv, AFI=0 – mõju puudub, AFI>0 – sööma pärssiv).

Töötlusvariandid										
Toitumis-					Decis-					
aeg, h	Sugu	Liim	Kontroll	AFI	Liim+Liiv	Kontroll	AFI	Mega	Kontroll	AFI
24	♀♀	0±0*	54,4±13,7	1	0±0*	38,3±19,3	1	9,7±13,6*	24,7±10,5	0,44
	♂♂	0±0*	90,5±32,8	1	0±0*	53,2±19,2	1	3,7±6,4*	38,3±8,6	0,83
48	♀♀	4,6±8,2*	96,5±23,8	0,91	0±0*	75,5±36,8	1	20,3±21,4*	49,7±31,4	0,42
	♂♂	1,1±3,8*	140,9±41,6	0,98	0±0*	104,3±29,3	1	16,7±6,0*	61,7±11,7	0,57
72	♀♀	22,1±16,5*	153,2±39,1	0,75	0±0*	121±41,7	1	41±32,9*	77,7±41,9	0,31
	♂♂	12,6±19,0*	231,7±56,6	0,90	0±0*	183,4±50,2	1	47±10,5*	95±14,1	0,34

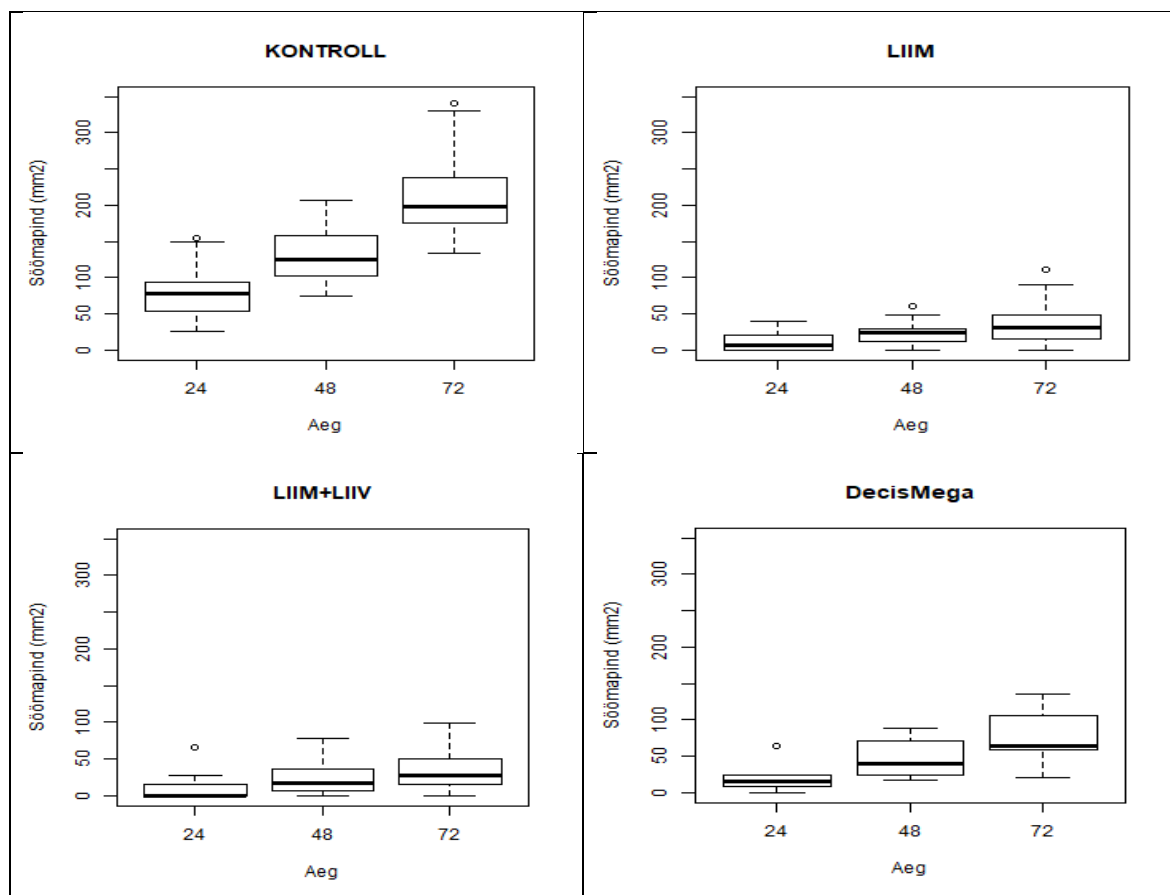
* Statistiliselt usutav erinevus kontrollist ($p \leq 0,05$; Wilcoxon test)

Mittevalik-toitumiskatsetes, kus hariliku männikärsaka valmikud ei saanud teha toitumisvalikut töödeldud ja töötlemata okste vahel. Kõige paremaid tulemusi kaitse osas andsid nii liimi (AFI=0,72–0,82) kui ka liivaga (AFI=0,63–0,85) töödeldud oksad, mida mardikad sõid kontrollokstest usutavalt vähem ($p \leq 0,05$). Liimi ja liivaga töödeldud okste vahel statistiliselt usutavat erinevust ei esinenud ($p \geq 0,05$), kuid siiski oli 72h möödudes liivaga töödeldud okste söömapindala väiksem, kui liimiga töödeldud okstel. Emasmardikad toitusid liimiga töödeldud okstel aktiivsemalt kui liivaga töödeldud okstel, isasmardikate toitumisaktiivsus oli intensiivsem liivaga töödeldud okstel kui liimiga.

Tabel 2. Mittevaliktoitumiskatses hariliku männikärsaka emas- (♀♀) ja isasmardikate (♂♂) keskmine söömaulatus ($\text{mm}^2 \pm \text{standardhälve}$) erinevate töötlusviisidega männiokstel, fikseerituna 24, 48 ja 72 h möödumisel pärast katse algust. Arvutatud antifidantsusindeks (AFI) näitan preparaadi mõju katseputuka toitumisele (AFI<0 – toitumisstimulant, AFI=0 – mõju puudub, AFI>0 – sööma pärssiv).

		Töötlusvariandid						
Toitumis- aeg, h	Sugu	Kontroll	Liim	AFI	Liim+Liiv	AFI	DecisMega	AFI
24	♀♀	97,3±27,0	9,6±9,4*	0,82	7,7±8,9*	0,85	21,8±19,2*	0,63
	♂♂	78,1±29,0	12,8±9,8*	0,72	11,1±15,3*	0,75	16,7±8,2*	0,65
48	♀♀	163,1±31,8	26,1±15,1*	0,72	18,7±12,0*	0,79	36,8±18,4*	0,67
	♂♂	131,5±40,7	21,0±12,9*	0,72	29,7±23,4*	0,63	60,0±15,5*	0,37
72	♀♀	244,7±32,2	39,3±26,3*	0,72	33,5±17,5*	0,76	74,5±25,5*	0,53
	♂♂	220,0±54,6	35,5±25,4*	0,72	38,5±27,9*	0,70	85,0±22,8*	0,44

*Statistiliselt usutav erinevus kontrollist ($p \leq 0,05$; Wilcoxon test)



Joonis 6. Katseputukate söömapindade varieeruvus erinevalt töödeldud okstel 72h jooksul.

3.2 Arutelu

Valiktoitumiskatsetes osutus tõhusaimaiks deterrendiks liiva ja liimiga (AFI=1) männiokste töötlemine, mida tuntakse ka Conniflex meetod nime all. Valikkatse jooksul ei toitunud mitte kumbki sugupoole putukas sellisel viisil töödeldud oksal. Üheks peamiseks põhjuseks, mis takistas männikärsakatel toidu tarbimist on liivakiht, millest putukatel on raske läbi haugata, seda on täheldatud ka varasemas uurimuses (Nordlander et al., 2009). Mittevalikkatse korral oli samuti liivaga katmise meetod kõige tõhusam, kuid statistiliselt ei erinenud see liimiga töödeldud viisist. Nende kahe töötlusviisi söömapindade maht erines ainult mõnekümne mm² võrra. Liimiga töötlemise korral on ka kindlasti olulisel kohal substraati kattev kiht, mis liimi värvuse tõttu võib mõjuda putukatele visuaalselt eemalepeletavaks, kuid samuti raskendab see toidu haukamist. Antud katsed viidi läbi tehiskeskkonnas (laboringimustes) siis on raske hinnata, preparaadi püsivust ja vastupidavust ilmastikutingimuste suhtes, kuid Rootsis läbiviidud uurimuses, kus rajati katsekultuur liiva ja liimiga töödeldud istikutega, näitasid tulemused suurt vastupidavust ning kaitsekihi omadused ei olnud kuni kolme kasvuperioodi jooksul oluliselt halvenenud (Nordlander et al., 2009; Conniflex, 2018a).

Laborkatsetes kasutatud insektisiid DecisMega 0,015 % lahuse kaitse efekt oli tunduvalt madalam kui liimi ja liivaga töödeldud okstel. Nii valik- kui mittevalikkatsetes toitusid mõlema sugupoole putukad aktiivselt DecisMega lahusega töödeldud okstel. Kuna varasemad uurimused on andnud insektisiidiga töötlemisel võrdlemisi häid tulemusi (Glowacka et al., 1991; Viiri et al., 2007) siis võib arvata et antud lahus jäi käesolevas katses liiga lahjaks, et pakkuda tõhusamat kaitset.

Kuna putukamürgid mõjuvad nii inimeste tervisele kui ka keskkonnale negatiivselt siis aina enam keelustatakse nende kasutamist Euroopa Liidu riikides, mille tulemusena suureneb vajadus leida keskkonnasõbralikumaid tõrjemeetmeid männikärsaka kahjustuse vastu (Långström & Day, 2004). Antud katse põhjal võib järeldada, et liimiga või liimi ja liivaga töötlemine võib olla üheks tõhusaks kaitsemeetodiks, ilma et see mõjuks ümbritsevale keskkonnale negatiivselt ja võiks olla alternatiiviks erinevatele insektisiididele. Selletõttu oleks vajalik ka uurida nende kahe töötlusviisi mõju/kaitset ning püsivust, looduslikes tingimustes.

KOKKUVÕTE

Harilik männikärsakas on oluline putukkahjur Euroopas, kelle valmikute sööm noortel okaspuuokstel põhjustab igal aastal märkimisväärset majanduslikku kahju. Ilma tõrjemeetmeid rakendamata, võib rajatud metsakultuur täielikult männikärsaka kahjustuse tõttu hävida. Siiani on peamiseks männikärsakate kahjustuse vähendamise viisiks olnud taimede istutuseelne töötlemine kemikaalidega, kuna selle rakendamine on lihtne ja odav, ning suudab hoida kahjustust madalal tasemel.

Eri tüüpi sünteetilised insektitsiidid mõjuvad ümbritsevale keskkonnale negatiivselt, kui ka mõningaid preparaate seostatakse mesilasperede väljasuremis sündroomiga (CCD), siis aina enam on tõstatunud vajadus ja huvi leida keskkonnasõbralikumaid kaitsemeetmeid männikärsakate tõrjes.

Käesoleva bakalaureuse töö eesmärgiks oli uurida mehhaaniliste kaitsevahendite mõju männikärsaka toitumiskäitumisele. Katsetes kasutati okste töötlemist nii liimi kui ka liimi ja kvartslüivaga, mis loovad okstele kaitsekihi. Valiktoitumiskatsetes said männikärsakad teha valikut, kas toituda töödeldud oksal või kontrolloksal. Mittevalik-katsetes mardikad toiduobjekti vahel valikut teha ei saanud, ainus valik mida said katseloomad teha oli kas toituda töödeldud oksadel või keelduda üldse toitumisest.

Laborkatsetes ilmnes, et kõik laboris rakendatud preparaadid mõjutasid oluliselt männikärsaka toitumisaktiivsust. Tõhusaimaks töötlusviisiks valikkatsetes osutus liimi ja kvartslüivaga okste töötlemine ($AFI=1$), niiviisi töödeldud okstelt polnud ei emas- ega isasmardikad 72h möödumisel toitunud. Liimiga töötlemine andis samuti häid tulemusi ($AFI=0,75-1$). Püretroidpreparaat DecisMega lahuse omas ka sööma pärssivat mõju, kuid võrreldes liimi ja liiva ning ainult liimiga töötlustega, oli selle mõju männikärsaka toitumisaktiivsusele tagasihoidlikuma ($AFI=0,34-0,44$).

Katsetulemustest võib järeldada, et nii liimi ja kvartslüivaga, kui ka ainult liimiga töödeldud männikärsaka toidusubstraadi töötlemine täitis oma eesmärgi, mõjudes männikärsakatele tugevalt söömis pärssivalt.

Paremate tulemuste osas tuleks läbi viia katsed ka väliskeskkonnas, et hinnata kattekihi püsivust ilmastikuoludes.

KASUTATUD KIRJANDUS

Bejer-Petersen, B., Juutinen, P., Kangas, E., Bakke, A., Butovitsch, V., Eidmann, H., Heqvist, K.J., Lekander, B. 1962. Studied on *Hylobius abietis* L. I. development and life cycles in the Nordic countries. – *Acta Entomologica Fennica*, 17, 1–117.

Bentz, B.J., Jönsson, A.M. 2015. Modeling bark beetle responses to climate change. – *Bark beetles: biology and ecology of native and invasive species*. /Vega, F.E, Hofstetter, R.W. (eds). London: Academic, 533–553.

Björklund, N. 2004. Movement behaviour and resource tracking in the pine weevil *Hylobius abietis*. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences. 17pp.

Björklund, N., Nordlander, G., Bylund, H. 2003. Host-plant acceptance on mineral soil and humus by the pine weevil *Hylobius abietis* (L.). – *Agricultural and Forest Entomology*, 5, 61–65.

Björklund N., Nordlander, G., Bylund, H. 2005. Olfactory and visual stimuli used in orientation to conifer seedlings by the pine weevil, *Hylobius abietis*. – *Physiological Entomology*, 30, 225–231.

Blacquiere, T., Smagghe, G., Gestel C.A.M., Mommaerts, V. 2012. Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. – *Ecotoxicology*, 21, 973–992.

Bukejs, A., Balalaikins, M. 2011. New records of beetles (Insecta: Coleoptera) in Estonia. – *Acta Zoologica Lituanica*, 21(3), 235–237.

Bylund, H., Nordlander, G., Nordenhem, H. 2004. Feeding and oviposition rates in the pine weevil *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae). – *Bulltein of Entomological Research*, 94, 307–317.

Christiansen, E. 2008. Pine Weevil, *Hylobius abietis* Linnaeus (Coleoptera: Curculionidae). – *Encyclopedia of entomology*. /Capinera, L.J (ed.). The Netherlands: Springer, 2894–2897.

Ciesla, W.M. 2011. Forest Entomology: A Global Perspective. Chichester: Wiley–Blackwell. 400 lk.

Conniflex. 2018a. Method. [<http://www.conniflex.se/en/method.html>] (01.05.2018)

Conniflex. 2018b. Effective and environmentally friendly. [<http://www.conniflex.se/en/environmentallyfriendly.html>] (01.05.2018)

Daniel, O. 1935. Metsakaitse. Tartu: Riigimaade ja Metsade Valitsus. 210 lk.

Day, K.R., Nordlander, G., Kenis, M., Halldorson, G. 2004. General biology and life cycles of bark beetles. – Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, A Synthesis. /Lieutier, F., Day, K.R., Battisti, A., Gregoire, J.C., Evans, H.F. (eds.). Springer: HAR/CDR edition, 331–349.

Dillon, A., Griffin, C. 2008. Controlling the large pine weevil, *Hylobius abietis*, using natural enemies. – Silviculture/Management, 15, 1–8.

Doom, D., Frenken, G.W.P. 1980. Postponement of replanting as a silvicultural method to prevent damage by the large pine weevil *Curculio (Hylobius) abietis*. – Nederlands Bosbouw Tijdschrift, 52, 217–227.

Eidmann, H.H, von Sydow, F. 1989. Stockings for protection of containerized conifer seedling against pine weevil (*Hylobius abietis* L.) damage. – Scandinavian Journal of Forest Research, 4, 537–547.

Fedderwitz, F., Björklund, N., Ninkovic, V., Nordlander, G. 2015. The structure of feeding behavior in a phytophagous insect (*Hylobius abietis*). – Entomologia Experimentalis et Applicata, 155, 229–239.

Glowacka, B., Lech, A., Wilczynski, W. 1991. Application of deltamethrin for spraying or dipping to protect Scots pine seedlings against *Hylobius abietis* L and logs against *Tomicus piniperda* L. – Annales des Sciences Forestières, 48, 113–117.

Henry, C.J, Day, K.R. 2000. Egg allocation by *Bracon hylobii* Ratz., the principal parasitoid of the large pine weevil (*Hylobius abietis* L.), and implications for host suppression. – Agricultural and Forest Entomology, 3, 11–18.

- Heritage, S., Moore, R. 2001. The assessment of site characteristics as part of a management strategy to reduce damage by *Hylobius abietis*. Informationnote. Forestry Commission, Edinburgh, UK.
- Hibberd, B.G. 1991. Forestry Practice. – Forestry Commission Handbook 6, HMSO, London. 239 lk.
- Hopwood, J., Vaughan, M., Shepherd, M., Biddinger, D., Mader, E., Black, S.H., Mazzacano, C. 2012. Are neonicotinoids killing bees? The Xerces Society for Invertebrate Conservation, Portland, 32 pp.
- Karu, A. 1939. Männikärsakas ja juureüraskid – tähtsamad okaspuu-uuenduse kahjurid. – Eesti Mets, 10(19), 357–363.
- Kapranas, A., Malone, B., Quinn, S., Namara, L., Williams, C.D., O'Tuama, P., Peters, A., Griffin, C.T. 2017a. Efficacy of entomopathogenic nematodes for control of large pine weevil, *Hylobius abietis*: effects of soil type, pest density and spatial distribution. – Journal of Pest Science, 90, 495–505.
- Kapranas, A., Malone, B., Quinn, S., O'Tuama, P., Peters, A., Griffin, C.T. 2017b. Optimizing the application method of entomopathogenic nematode suspension for biological control of large pine weevil *Hylobius abietis*. – BioControl, 62, 659–667.
- Khater, H.F. 2012. Prospects of Botanical Biopesticides in Insect Pest Management. – Pharmacologia, 3(12), 641–656.
- Kindvall, O., Nordlander, G., Nordenhem, H. 2000. Movement behaviour of the pine weevil *Hylobius abietis* in relation to soil type: an arena experiment. – Entomologia Experimentalis et Applicata, 95, 53–61.
- Laas, E., Uri, V., Valgepea, M. 2011. Metsamajanduse alused. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus. 863 lk.
- Leather, S.R., Ahmed, S.I., Hogan, L. 1994. Adult feeding preferences of the large pine weevil, *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae). – European Journal of Entomology, 91(4), 385–389.

- Leather, S.R., Day, K.R, Salisbury, A.N. 1999. The biology and ecology of the large pine weevil, *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae): a problem of dispersal? – Bulletin of Entomological Research, 89, 3–16.
- Långström, B. 1982. Abundance and seasonal activity of adult *Hylobius*- weevils in reforestation areas during first years following final felling. – Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, 106, 1–23.
- Långström, B., Day, K.R. 2004. Damage control and management of weevil pests, especially *Hylobius abietis*. – Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, A Synthesis. /Lieutier, F., Day, K.R, Battisti, A., Gregoire, J.C., Evans, H.F. (eds.). Springer: HAR/CDR edition, 415–444.
- Luik, A. 1983. Putukate bioloogia. Tartu: Eesti Põllumajanduse Akadeemia, 18 lk.
- Luoranen, J., Viiri, H. 2012. Soil Preparation Reduces Pine Weevil (*Hylobius abietis* (L.)) Damage on Both Peatland and Mineral Soil Sites One Year after Planting. – Silva Fennica, 46(1), 151–161.
- Luoranen, J., Viiri, H., Sianoja, M., Poteri, M., Lappi, J. 2017. Predicting pine weevil risk: Effects of site, planting spot and seedling level factors on weevil feeding and mortality of Norway spruce seedlings. – Forest Ecology and Management, 389, 260–271.
- Löf, M., Isacson, G., Rydberg, D., Welanders, T.N. 2004. Herbivory by the pine weevil (*Hylobius abietis* L.) and short snouted weevils (*Strophosoma melanogrammum* Forst. and *Otiorhynchus scaber* L.) during the conversion of a wind-thrown Norway spruce forest into a mixed-species plantation. – Forest Ecology and Management, 190, 281–290.
- Manak, V., Nordenhem, H., Björklund, N., Lenoir, L., Nordlander, G. 2013. Ants protect conifer seedlings from feeding damage by the pine weevil *Hylobius abietis*. – Agricultural and Forest Entomology, 15, 98–105.
- Manak, V., Björklund, G., Lenoir, L., Nordlander, G. 2015. The effect of red wood ant abundance on feeding damage by the pine weevil *Hylobius abietis*. – Agricultural and Forest Entomology, 17, 57–63.

- Manak, V., Björklund, N., Lenoir, L., Knape, J., Nordlander, G. 2016. Behavioural responses of pine weevils to non-consumptive interactions with red wood ants. – *Journal of Zoology*, 299, 10–16.
- Manak, V., Björklund, N., Lenoir, L., Nordlander, G. 2017. Testing associational resistance against pine weevil by *Lasius* ant attending conifer seedlings. – *Journal of Applied Entomology*, 141, 411–416.
- Manlove, J.D., Styles, J., Leather, S.R. 1997. Feeding of the adults of the large pine weevil, *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae). – *European Journal of Entomology*, 94, 153–156.
- Månsson, P.E., Schlyter, F. 2004. *Hylobius* pine weevils adult host selection and antifeedants: feeding behaviour on host and non-host woody scandinavian plants. – *Agricultural and Forest Entomology*, 6, 165–171.
- Maavara, V., Merihein, A., Parmas, H., Parmasto, E. 1961. Metsakaitse. Tallinn: Eesti Riiklik Kirjastus. 711 lk.
- Merivee, E., Remm, H. 1973. *Mardikate määraja*. Tallinn: Valgus. 308 lk.
- Merivee, E., Sibul, I., Luik, A. 1998. Diel dynamics of feeding and locomotor activities in large pine weevil, *Hylobius abietis*. – *Baltic Forestry*. 4(2), 59–62.
- Nilssen, A.C. 1984. Long-range aerial dispersal of bark beetles and bark weevils (Coleoptera, Scolytidae and Curculionidae) in northern Finland. – *Annales Entomologici Fennici*, 50, 37–42.
- Nordlander, G. 1991. Host finding in the pine weevil *Hylobius abietis*: effects of conifer volatiles and added limonene. – *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 59, 229–237.
- Nordlander, G., Nordenhem, H., Bylund, H. 1997. Oviposition patterns of the pine weevil *Hylobius abietis*. – *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 85, 1–9.
- Nordlander, G., Bylund, H., Örlander, G., Wallertz, K. 2003a. Pine weevil population density and damage to coniferous seedlings in a regeneration area with and without shelterwood. – *Scandinavian Journal of Forest Research*, 18, 438–448.

- Nordlander, G., Örlander, G., Langvall, O. 2003b. Feeding by the pine weevil *Hylobius abietis* relation to sun exposure and distance to forest edges. – *Agricultural and Forest Entomology*, 5, 191–198.
- Nordlander, G., Bylund, H., Björklund, N. 2005. Soil type and microtopography influencing feeding above and below ground by the pine weevil *Hylobius abietis*. – *Agricultural and Forest Entomology*, 7, 107–113.
- Nordlander, G., Nordenhem, H., Hellqvist, C. 2009. A flexible sand coating (Conniflex) for the protection of conifer seedlings against damage by the pine weevil *Hylobius abietis*. – *Agricultural and Forest Entomology*, 11, 91–100.
- Nordlander, G., Hellqvist, C., Johansson, K., Nordenhem, H. 2011. Regeneration of European boreal forests: Effectiveness of measures against seedling mortality caused by the pine weevil *Hylobius abietis*. – *Forest Ecology and Management*, 262, 2354–2363.
- Nordlander, G., Mason, E.G., Hjelm, K., Nordenhem, H., Hellqvist, C. 2017. Influence of climate and forest management on damage risk by the pine weevil *Hylobius abietis* in northern Sweden. – *Silva Fennica*, 51(5), 1–20.
- Norsk Wax AS. 2010. Damages due to pine weevil after two growth seasons. [http://kvaae.no/wp-content/themes/kvaae/assets/pdf/results_eng.pdf] (02.05.2018)
- Norsk Wax AS. 2018. What is KVAAE? [<http://kvaae.no/what/>] (02.05.2018)
- Petersson, M., Örlander, G., Nilsson, U. 2004. Feeding Barriers to Reduce Damage by Pine Weevil (*Hylobius abietis*). – *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19, 48–59.
- Petersson, M., Örlander, G., Nordlander, G. 2005. Soil features affecting damage to conifer seedlings by the pine weevil *Hylobius abietis*. – *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 78(1), 83–92.
- Petersson, M., Nordlander, G., Örlander, G. 2006. Why vegetation increases pine weevil damage: Bridge or shelter?. – *Forest Ecology and Management*, 225, 368–377.
- Põllumajandusamet. 2016. Taimekaitsevahendid ja kasvuregulaatorid kasutamiseks Eesti Vabariigis. Saku, 491 lk.

Rose, D., Leather, S.R., Matthews, A. 2005. Recognition and avoidance of insecticide-treated Scots pine (*Pinus Sylvestris*) by *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae): implications for pest management strategies. – *Agricultural and Forest Entomology*, 7, 187–191.

Salom, S.M. 1997. Status and Management of Pale Weevil in the Eastern United States. – *Tree Planters Notes*, 48(2), 4–11.

Sibul, I. 2000. Abundance and sex ratio of pine weevils *Hylobius abietis* and *H. pinastri* (Coleoptera: Curculionidae) in pine clear-cuttings of different ages. Development of environmentally friendly plant protection in the Baltic region: proceedings of the international conference: September 28-29, 2000, Tartu, Estonia: Development of environmentally friendly plant protection in the Baltic region, international conference, Tartu, September 28-29, 2000. Tartu, Eesti Põllumajandusülikool. Transactions of the Estonian Agricultural University, 209, 186–189.

Sibul, I. 2005. The effects of some botanical insecticides and environmental factors to the behaviour and physiology of the large pine weevil *Hylobius abietis* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Tartu: Eesti Põllumajandusülikool. 173 lk.

Sibul, I. 2006. Metsakahjustused ja nende ennetamine. Tartu: Eesti Maaülikool. 19 lk.

Sibul, I. 2014a. Männikärsakad – metsauuenduse olulisimad kahjurid. *Metsamajandus [ajalehe Äripäev lisa]*, 4(8), 26–30.

Sibul, I. 2014b. Männiuuenduse olulisemad putukkahjurid. Kurm, M. (Toim.). *Mänd Eestis* Tartu, Eesti Maaülikool, 363–378.

Sibul, I. 2015. Kaitsevahad männikärsaka vastu. – *Eesti Mets*, 4, 38–43.

Sibul, I. 2017. Raiesmikule istutatavaid taimi tasub vahatada ja liimitada. – *SINU METS: Metsa Õppeleht*, 46, 10–11.

Sibul, I., Luik, A., Voolma, K. 2000. Influence of some plant extracts and Neem preparations on the mature feeding of the large pine weevil, *Hylobius abietis* L. – *Baltic Forestry*, 1, 53–58.

Sibul, I., Ploomi, A., Voolma, K. 2009. Influence of neem oil on the large pine weevil, *Hylobius abietis* L. (Coleoptera, Curculionidae). – Baltic Forestry, 15(2), 255–261.

Sibul I., Ploomi, A. 2016. Kaitsevaha mõju hariliku männikärsaka (*Hylobius abietis*) (Coleoptera:Curculionidae) toitumiskäitumisele labortingimustes. – Eesti Taimekaite 95. Tartu: Eesti Maaülikool, 19–24.

von Sydow, F. 1997. Abundance of pine weevils (*Hylobius abietis*) and damage to conifer seedlings in relation to silvicultural practices. – Scandinavian Journal of Forest Research, 12(2), 157–167.

Zagatti, P., Lemperiere, G., Malosse, C. 1997. Monoterpenese emitted by the large pine weevil, *Hylobius abietis* (L.) feeding on Scots pine, *Pinus sylvestris* L. – Physiological Entomology, 22, 394–400.

Zumr, V., Stray, P. 1995. Latex paint as an antifeedant against *Hylobius abietis* (L.) (Col., Curculionidae) on conifer seedlings. – Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz und Umweltschutz, 68, 42–43.

Thorpe, K.V, Day, K.R. 2002. The impact of host plant species on the larval development of the large pine weevil *Hylobius abietis* L. – Agricultural and Forest Entomology, 4, 187–194.

Viiri, H., Tuomainen, A., Tervo., L. 2007. Persistence of deltamethrin against *Hylobius abietis* on Norway spruce seedlings. – Scandinavian Journal of Research, 22, 128–135.

Voolma, K. 1984. Raiestike puhastamisviisi mõjust männikärsaku arvukusele. – Metsamajandus. Tallinn: Valgus, 134–142.

Voolma, K. 2003. Okaspuukultuure ähvardab männikärsakas. – Eesti Mets, 1, 46–48.

Voolma, K., Õunap, H. 2000. Metsakaitse: metsakahjustused ja nende vältimine. Tartu: Maaelu Arengu Instituut. 60 lk.

Voolma, K., Õunap, H., Süda, I., Sibul, I. 2003. Mardikaliste (Coleoptera) liigirikkus ja arvukus intensiivselt majandatavas männimetsas ja raiestikel. – Metsanduslikud Uurimused 38, 85–102.

- Thorsen, A., Mattsson S., Weslien, J. 2001. Influence of stem diameter on the survival and growth of containerized Norway spruce seedlings attacked by pine weevils (*Hylobius* spp.). – Scandinavian Journal of Forest Research. 16, 54–66.
- Toivonen, R., Viiri, H. 2006. Adult large pine weevils *Hylobius abietis* feed on silver birch *Betula pendula* even in the presence of conifer seedlings. – Agricultural and Forest Entomology, 8, 121–128.
- Õunap, H., Hanso, M. 2016. Olulisemad metsakahjustused ja nende vältimine. – SA Erametsakeskus, 40 lk.
- Örlander, G., Gemmel, P., Hunt, J. 1990. Site Preparation: A Swedish Overview. – FRDA Report, Victoria, BC Forest Resource Development, Canada. 105, 1–61.
- Örlander, G., Nilsson, U., Nordlander, G. 1997. Pine weevil abundance on clear-cuttings of different ages: A 6 year study using pitfall traps. – Scandinavian Journal of Forest Research, 12(3), 225–240.
- Örlander, G., Nilsson, U. 1999. Effect of Reforestation Methods on Pine Weevil (*Hylobius abietis*) Damage and Seedling Survival. – Scandinavian Journal of Forest Research, 14, 341–354.
- Örlander, G., Nordlander, G., Wallerts, K., Nordenhem, H. 2000. Feeding in the Crowns of Scots Pine Trees by the Pine Weevil *Hylobius abietis*. – Scandinavian Journal of Forest Research, 15, 194–201.
- Örlander, G., Nordlander, G., Wallertz, K. 2001. Extra Food Supply Decreases Damage by the Pine Weevil *Hylobius abietis*. – Scandinavian Journal of Forest Research, 16, 450–454.
- Wainhouse, D., Brough, S., Greenacre, B. 2007. Managing the pine weevil on lowland pine. – Forestry Commission Practice Note, 14, 12 lk.
- Wallertz, K., Petersson, M. 2011. Pine weevil damage to Norway spruce seedlings: effects of nutrient-loading, soil inversion and physical protection during seedling establishment. – Agricultural and Forest Entomology, 13, 413–421.

Wallertz, K., Nordenhem, H., Nordlander, G. 2014. Damage by the pine weevil *Hylobius abietis* to seedlings of two native and five introduced tree species in Sweden. – *Silva Fennica*, 48(4), 14 lk.

Warner, E. 1966. A review of the *Hylobius* of North America, with a New Species Injurious to Slash Pine (Coleoptera: Curculionidae). – *The Coleopterists Bulletin*, 20(3), 65–81.

Wen, X., Kuang, Y., Shi, M., Li, H., Luo, Y., Deng, R. 2004. Biology of *Hylobitelus xiaoi* (Coleoptera: Curculionidae), a New Pest of Slash Pine, *Pinus elliotti*. – *Journal of Economic Entomology*, 97(6), 1958–1964.

Wen, X., Shi, M., Zhu, L., Fu, D. 2006. Effect of pruning and ground treatments on the populations of *Hylobitelus xiaoi* Zhang, a new debarking weevil in slash pine plantations. – *Agricultural and Forest Entomology*, 8, 263–265.

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina,,

(sünnipäev pp/kuu/aa)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö
Liimikatte mõju hariliku männikärsaka (*Hylobius abietis*) toitumiskäitumisele,

mille juhendaja on Ivar Sibul,

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu, 24.05.2018

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)